

# POTENSI PEMAKAIAN KERIKIL PATERONGAN, TORJUN DAN OMBEN DI PULAU MADURA UNTUK BETON STRUKTUR

**Julistiono Handojo, Handoko Sugiharto**

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

**See Jen, Tjwa Kim Siong**

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

## ABSTRAK

Pemakaian beton di pulau Madura meningkat seiring dengan perkembangan pulau Madura tetapi agregat kasar dan halus yang digunakan untuk pembuatan beton masih banyak didatangkan dari pulau Jawa. Untuk melihat kemungkinan penggunaan krikil Madura sebagai agregat kasar beton, telah dilakukan penelitian kekuatan terhadap krikil Madura yang berasal dari Paterongan, Torjun, dan Omben. Meskipun secara umum dapat dikatakan sifat-sifat fisik krikil tersebut mendekati sama dengan krikil dari Mojokerto atau Pasuruan dan memenuhi syarat SNI, ACI, ASTM maupun BS, hanya krikil dari Torjun yang memenuhi syarat kepipihan. Modulus kehalusan krikil tersebut juga tidak memenuhi syarat SNI walaupun masih memenuhi syarat BS. Penggunaan krikil Paterongan, Torjun, dan Omben untuk *mix desain* 225 kg/cm<sup>2</sup> ternyata di bawah target yang diharapkan, sehingga krikil Paterongan dan Omben direkomendasi hanya untuk beton rabat, sedangkan krikil dari Torjun kemungkinan masih bisa digunakan untuk beton struktur dengan perbaikan gradasi.

Kata kunci: Agregat kasar dari Madura, *mix design*.

## ABSTRACT

*The use of structural concrete in Madura increases with the development of the island, however coarse and fine aggregates which are used, mostly come from Jawa. This research explores the possibility of using the coarse aggregates from Madura taken from Paterongan, Torjun, and Omben. Although it is shown that in general the coarse aggregates are physically the same with aggregates from Mojokerto or Pasuruan and pass SNI, ACI, ASTM, and BS, only aggregate from Torjun pass the flakiness requirements. The fineness modulus of the aggregates do not pass SNI but pass the BS requirement. Using the aggregates in 225kg/cm<sup>2</sup> concrete strength mix design fail to reach the target strength. Aggregates from Paterongan and Omben are only recommended for lean concrete, but there is a possibility to use aggregates from Torjun for structural concrete, with betterment in grading.*

*Keywords: Coarse Aggregate from Madura, mix design.*

## PENDAHULUAN

Agregat adalah materi granular misalnya pasir, krikil dan batu pecah, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Agregat secara umum menempati 70-75% dari volume beton. Oleh sebab itu karakteristik agregat sangat mempengaruhi

sifat beton nantinya. Keadaan agregat juga mempengaruhi perencanaan disain beton dan nilai ekonominya. Agregat untuk beton harus memenuhi persyaratan khusus [1], seperti kebersihan, kekerasan, ketahanan, dan tidak mengandung material tertentu yang dapat mempengaruhi kekuatan beton seperti tanah liat, mika, batu bara, kotoran organik, *iron pyretes*, dan jenis-jenis garam sulfat seperti kalsium, magnesium dan sodium. Demikian pula bentuk phisik dari agregat tersebut harus diteliti agar dapat menghasilkan beton yang memenuhi syarat teknik dan ekonomi.

---

**Catatan:** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2001. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 4, Nomor 1 Maret 2002.

Menurut ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua bagian yaitu agregat halus (*fine aggregate*) dan agregat kasar (*coarse aggregate*). Agregat halus adalah agregat dengan butiran-butiran yang lolos ayakan 4.75 mm. Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan/pecah, atau kombinasi dari keduanya. Sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran di atas ayakan 4,75 mm. Agregat kasar terdiri dari kerikil alam, batu pecah, pembekuan dari terak dapur tinggi, beton pecah, atau kombinasi dari bahan-bahan itu.

Agregat kasar dan halus yang digunakan di Pulau Madura didatangkan dari Pulau Jawa, sedangkan dari segi kuantitas kerikil Madura mempunyai potensi yang besar karena jumlahnya yang cukup banyak, sebagian dari pulau Madura yang luasnya kira-kira 4600 km<sup>2</sup>, terdiri dari bukit batu. Batuan ini jarang digunakan untuk keperluan campuran beton struktur, pada umumnya dipakai untuk keperluan non struktural atau material konstruksi jalan raya. Krikil Madura berwarna khas kecoklatan dan sedikit putih, tapi keras seperti krikil di Jawa.

Dari penelitian ini ingin diketahui kekuatan krikil Peterongan, Torjun dan Omben serta kemungkinannya untuk digunakan sebagai agregat beton struktural berdasarkan peraturan-peraturan yang ada. Uji laboratorium dilakukan sesuai dengan peraturan atau standar yang disyaratkan yaitu Standar Normalisasi Indonesia (SNI) [2], American Concrete Institute (ACI) [3], American Society of Testing and Material (ASTM) [4], dan British Standard (BS) [5], Pengujian meliputi uji berat volume, uji berat jenis (Gs), uji kadar air (Wc), analisa ayakan, uji abrasi/ keausan batuan, uji ketahanan terhadap beban kejutan dan uji ketahanan terhadap bahan kimia.. Sebagai pembandingan dipakai krikil Mojokerto/Pasuruan.

Selain itu juga dilakukan uji kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar dari Paterongan, Torjun dan Omben, dan menggunakan agregat halus (pasir) dari Mojokerto yang banyak didapat di Surabaya. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa ayakan, pemeriksaan kotoran dan pemeriksaan bahan organik.

**HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM**

**Berat Volume, Berat Jenis dan Kadar Air Agregat**

Hasil Pengujian Laboratorium untuk Berat Volume, Berat Jenis dan Kadar Air agregat

serta standar pengujiannya dapat dilihat dalam Tabel 1:

**Tabel 1. Hasil Uji Berat Volume, Berat Jenis dan Kadar Air Batuan, serta Batasan yang Disyaratkan**

KARAKTERISTIK	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	MOJOKERTO/PASURUAN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
BERAT VOLUME (Gram / cm <sup>3</sup> )	1.234	1.289	1.236	1.300	SNI BS 812 ACI ASTM C-29	>1.2 1.2 - 1.75 1.2 - 1.75 1.2 - 1.8
BERAT JENIS	2.580	2.560	2.600	2.880	SNI BS 812 ACI ASTM C128	tidak ada tidak ada 2.4 - 2.9 1.6 - 3.2
KADAR AIR (%) SSD	1.707	2.110	1.400	1.210	SNI BS 812 ACI ASTM	tidak ada tidak ada 0.2 - 4 tidak ada
KADAR AIR (%) ASLI	1.090	1.680	0.270	0.780		
KADAR AIR PASIR SSD (%)				3.476		
ASLI (%)				4.366		

Berat volume ketiganya lebih kecil dari berat volume kerikil dari Mojokerto/Pasuruan tapi masih memenuhi persyaratan dari SNI [2], ACI [3] maupun BS [5]. Kadar air agregat Paterongan, Torjun dan Omben dalam kondisi *saturated surface dry* (SSD) lebih besar dari kadar air kerikil Mojokerto/Pasuruan tetapi masih masuk dalam batasan nilai kadar air yang disyaratkan ASTM [5].

Data hasil percobaan Berat Jenis (Gs) krikil dalam keadaan SSD, masing-masing untuk krikil Paterongan, Torjun dan Omben, juga lebih kecil dari krikil Mojokerto/Pasuruan tetapi masih memenuhi syarat ACI [3] dan ASTM [4] untuk beton normal.

**Tabel 2. Hasil Uji Modulus Kehalusan dan Kepingihan Kerikil, serta Batasan yang Disyaratkan**

	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	MOJOKERTO/PASURUAN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
FINENESS MODULUS	7.64	7.53	7.6	5.83	SNI 03-90 BS 882 ASTM-C33 ACI	6.00 - 7.10 5.5 - 8.5 6.0 - 7.55 6.0 - 7.75
FLAKINESS	23.80 %	14.93 %	22.78 %		SNI 03-90 BS 812 ASTM	< 20 % <= 25 % tidak ada

Dari Tabel 2, angka modulus kehalusan ketiga krikil cukup tinggi, yang berarti ukurannya lebih besar dari krikil Mojokerto/Pasuruan dan keluar dari batasan yang disyaratkan oleh SNI [2], tetapi tidak melewati batas atas dari B.S. [5], sehingga masih mungkin digunakan asal penanganannya dilakukan lebih baik dan berhati-hati (misalnya dengan perbaikan gradasinya). Hal ini tidak begitu berarti kalau beton dibuat di laboratorium dan dalam jumlah yang kecil karena nilai varian beton yang dibuat di laboratorium tidak besar.

Dari Tabel 2 juga terlihat hanya kerikil Torjun yang masih memenuhi syarat kepipihan (*flakiness*) yang ditetapkan oleh SNI [2] maupun BS 812 [5]. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada *workability* beton, karena pada saat pengecoran, beton segar sulit dipadatkan. Selain itu kekuatan beton bisa menurun akibat kerikil akan mudah pecah pada saat beton diberi tekanan.

**Kekuatan dan Ketahanan Batuan**

**Tabel 3. Hasil Uji Ketahanan Terhadap Keausan dan Persyaratannya**

	PETE-RONGAN	TORJUN	OMBEN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
Bejana tekan Los Angeles	26.05 %	24.32 %	31.61 %	SII 0052-80 PUBI-1982 ASTM C131-93 SNI	27 % - 40 % <= 50 % <= 50 % <= 27 %

Ternyata hasil uji ketahanan keausan seperti ditunjukkan dalam Tabel 3 memenuhi SII.0052-80 [6] untuk beton kelas II dan atau beton mutu K125, K175 dan K225 demikian pula memenuhi persyaratan dari PUBI – 1982 [7] dan ASTM C33-1993 [4]. Di sisi lain keausan ketiga kerikil masih cukup besar atau mendekati nilai yang disyaratkan oleh SNI [2] sebesar 27 %, bahkan kerikil Omben mempunyai nilai keausan 31.61 % yang melebihi prasyarat SNI. Besarnya nilai keausan ini diduga akibat adanya kandungan kapur dalam agregat.

Dengan nilai keausan tersebut maka secara fisik, kerikil dari Paterongan dan Omben kurang layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

**Tabel 4. Hasil Uji Impact serta Batasan yang Disyaratkan**

	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	MOJOKERTO/PASURUAN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
IMPACT (%)	14.47	12.4	16.7	22	BS 812-73	< 30

Nilai impact kerikil Paterongan, Torjun dan Omben lebih kecil dari nilai impact kerikil Mojokerto/Pasuruan. Berarti kerikil dari pulau Madura ini lebih tahan terhadap beban yang diberikan secara tiba-tiba, tetapi nilainya di bawah yang disyaratkan oleh B.S. [5]. Dengan nilai impact tersebut maka secara fisik ketiga kerikil tersebut layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

**Kandungan Bahan Kimiawi Batuan**

Hasil pemeriksaan Laboratorium dari Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan

Perdagangan – Surabaya tertanggal 29 Juni 1999 [9] tentang kandungan bahan-bahan kimiawi yang terkandung dalam batuan, menunjukkan sbb.:

**Tabel 5. Hasil Analisa Prosentase Kandungan Bahan-bahan Kimiawi Batuan dari Ketiga Contoh [9]**

Krikil dari	Silika (SiO2)	Besi Oksida (Fe2O3)	Kalsium Oks (CaO)	Magnesium Ok (MgO)	Kalium Oks. (K2O)	Natrium Oksida (Na2O)
Paterongan	1.16 %	0.21 %	7.38 %	1.15 %	0.23 %	Tak ternyata
Torjun	22.80 %	0.07 %	10.65 %	4.52 %	0.11 %	Tak ternyata
Omben	2.45 %	0.04 %	5.03 %	1.01 %	0.16 %	0.06 %

Kandungan Magnesium Oksida dan Natrium Oksida umumnya sedikit (Tabel 5) sehingga bila terjadi serangan Asam/Garam Sulfat kemungkinan terbentuknya garam Magnesium Sulfat dan Natrium Sulfat masih di bawah batas yang diijinkan sesuai peraturan yang ada (Tabel 6).

**Tabel 6. Standar Ketahanan Terhadap Zat Kimia (Chemical Stability)**

Kehancuran akibat	SII 0052-80 (SNI 03-1750-90)	PUBI 1982	ASTM C33-93
Magnesium sulfat	<= 18 %	<= 10 %	<= 18 %
Natrium Sulfat	<= 12 %	<= 12 %	<= 12 %

Hasil pemeriksaan Reaksi Alkali Silika dari Laboratorium Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS tertanggal 25 Mei 1999 [10] menunjukkan hasil seperti ditunjukkan dalam Tabel 7.

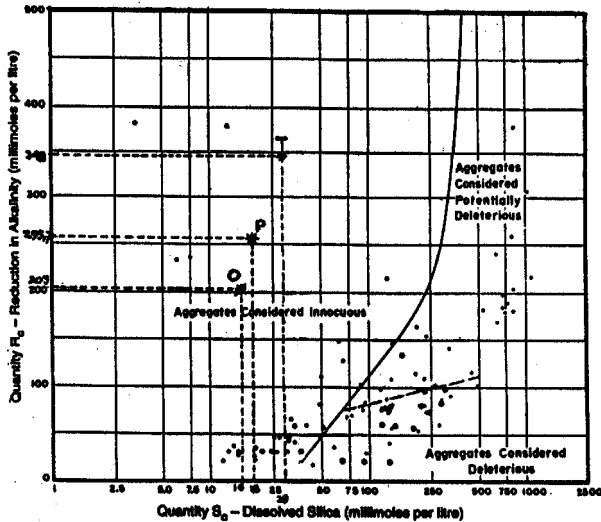
**Tabel 7. Hasil Analisa Reaksi Alkali Silica Batuan dari Paterongan, Torjun dan Omben [10]**

	DISSOLVED SILICA(Sc) (millimole/liter)	REDUCTION IN ALKALINITY (Rc) (millimole/liter)	KETERANGAN
PATERONGAN	18	255,7	Agregat tidak reaktif
TORJUN	29	348,0	Agregat tidak reaktif
OMBEN	16	203,0	Agregat tidak reaktif

Dari Tabel 7 terlihat nilai-nilai *dissolved silica* dan *reduction in alkalinity* dalam milimol/liter. Dengan menggunakan nilai-nilai ini sebagai parameter, dimana *dissolved silica* sebagai absisnya dan *reduction in alkalinity* sebagai ordinatnya, dilukiskan dalam Gambar 1 kita akan melihat apakah contoh batuan itu reaktif terhadap alkali atau tidak.

Suatu agregat dianggap reaktif terhadap alkali bila pertemuan antara nilai Rc dan Sc berada di sebelah kanan garis batas dan di bawah garis putus-putus. Sedangkan agregat dianggap tidak reaktif terhadap alkali bila pertemuan antara nilai Rc dan Sc berada di sebelah kiri garis batas. Meskipun agregat dianggap reaktif

seperti digambarkan oleh pertemuan nilai Rc dan Sc, untuk menyatakan agregat benar-benar reaktif terhadap alkali masih perlu diuji lagi dengan uji alkali reaktif campuran semen dan agregat.



Gambar 1. Grafik Sc - Rc, Reaktif Tidaknya Contoh Krikil Terhadap Alkali

Hasil pelukisan di Gambar 1 menunjukkan bahwa agregat dianggap tidak berbahaya atau tidak reaktif, sehingga secara kimiawi pun, ketiga krikil dari pulau Madura ini layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

**Kandungan Kotoran pada Pasir**

Hasil Uji Larutan NaOH terhadap pasir menghasilkan: warna larutan adalah Kuning Muda. Ini berpengaruh pada perencanaan *Mix Design* beton dimana *Target Mean Strength* (fm) harus dikalikan 110 % - 120% .karena beton yang mempergunakan pasir tersebut akan mengalami penurunan sebesar 10 % - 20 %.

**Kekuatan Tekan Beton**

Perhitungan *Mix Design* dilakukan dengan menggunakan standar DOE [8] dan untuk mendapatkan suatu beton dengan kekuatan 225 kg/cm<sup>2</sup>, dibutuhkan *Target Strength* 329.04 kg/cm<sup>2</sup>. Berhubung nilai Berat Jenis dari ketiga contoh krikil hampir sama yaitu 2.58 kg/cm<sup>3</sup>, 2.60 kg/cm<sup>3</sup> dan 2.56 kg/cm<sup>3</sup>, maka dibuat satu *mix design* untuk ketiganya.dengan nilai Berat Jenis dipakai 2.60 kg/cm<sup>3</sup>. Dan untuk mendapatkan Target Strength 329.04 kg/cm<sup>2</sup>, dengan w/c 0.5 dan agregat max 40 mm, dipakai:

Semen : Air : pasir : krikil 10 mm : krikil 20 mm = 370 :185 : 431 : 448 : 896 (satuan dalam kg).

Dibuat 25 buah kubus beton dengan ukuran 150 x 150 x 150 mm<sup>3</sup> untuk masing-masing contoh krikil yang ditest pada usia 28 hari. Hasil test selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran. Rekapitulasi hasil analisa kokoh tekan beton dapat dilihat dalam tabel 8.

Tabel 8. Data Hasil Uji Kekuatan Tekan Beton dengan Mutu Rencana 225 kg/cm<sup>2</sup>

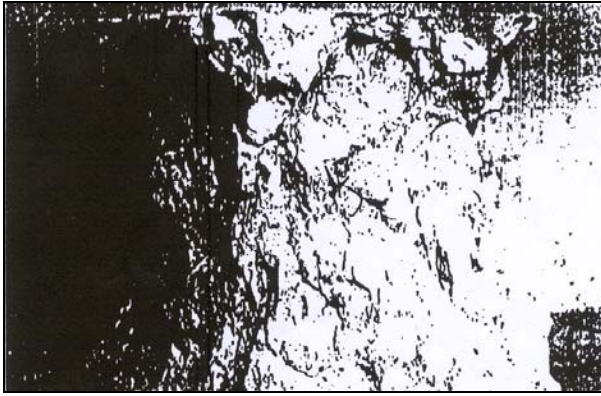
DAERAH	KUAT TEK RATA-RAT (kg/cm <sup>2</sup> )	STANDAR DEVIASI (kg/cm <sup>2</sup> )	TARGET MEAN STRENGTH (kg/cm <sup>2</sup> )
PATERONGAN	151.47	14.80	329.04
TORJUN	259.42	24.23	329.04
OMBEN	184.46	8.72	329.04
MOJOKERTO/PASURUAN	340.00	28.20	329.04

**DISKUSI**

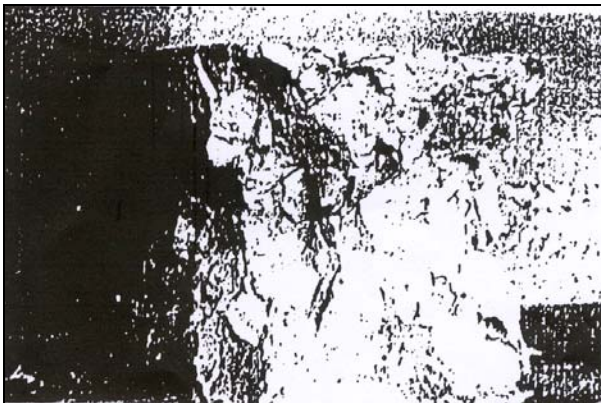
Dari hasil uji kekuatan yang dilakukan dengan menggunakan test kokoh tekan beton sebanyak 25 benda uji untuk masing-masing contoh krikil, terlihat bahwa lekatan antara agregat kasar dan semen kurang baik (Gambar 2 dan 3) juga terlihat agregat kasar pecah. (Gambar 4). Ikatan antara semen dan agregat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu tekstur permukaan agregat, komposisi mineral agregat, ukuran dan bentuk agregat serta kebersihan agregat [1]. Tekstur permukaan agregat yang kasar mempunyai ikatan dengan semen lebih baik daripada agregat yang mempunyai tekstur permukaan yang halus. Tekstur permukaan agregat ini lebih berpengaruh pada agregat kasar daripada agregat halus.



Gambar 2. Kehancuran Contoh Beton dengan Krikil Paterongan.



Gambar 3. Kehancuran Contoh Beton dengan Kerikil Torjun.



Gambar 4. Kehancuran Contoh Beton dengan Kerikil Omben

Dari gambar 2 dan 3 terlihat kerikil Paterongan mempunyai tekstur permukaan yang cukup kasar, sehingga secara teori mestinya kerikil Paterongan mempunyai lekatan yang baik dengan semen, tapi kekasaran permukaannya tidak bersifat permanen. Ini dapat dibuktikan dengan merendam kerikil Paterongan yang sudah dicuci dengan bersih, masih akan menimbulkan lapisan-lapisan kotoran dipermukaannya bila digosok dengan tangan. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan yang kasar tadi menjadi rapuh jika terendam di dalam air. Kerikil Torjun mempunyai tekstur yang halus sehingga menyebabkan lekatan pada beton kurang baik. Kehancuran semua sampel kubus beton dari Paterongan dan Torjun adalah karena gagal dilekatkan dengan semen. Sedangkan kerikil Omben mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga secara teori memiliki lekatan dengan beton sangat baik. Tapi permukaan kasarnya diduga lebih disebabkan oleh adanya kuarsa di permukaannya, sehingga air semen sulit diserap. Terlihat pada Gambar 4 untuk kerikil Omben pecahnya agregat kasar yang menunjukkan telah tercapainya kekuatan maksimum agregat kasar itu.

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan beton adalah ukuran dan bentuk kerikil. Ukuran kerikil ini dapat diatur dan dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu untuk pengecoran yang dilakukan di laboratorium, *gap grading* tidak begitu berpengaruh. Sedangkan untuk bentuk kerikil, umumnya ketiga jenis kerikil Madura ini tidak beraturan (angular) karena merupakan batu pecah. Akan tetapi untuk kerikil Paterongan dan Omben cenderung pipih. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji kepipihan yang telah dilakukan. Salah satu sebab beton dengan menggunakan kerikil Paterongan dan Omben tidak memenuhi sasaran kekuatan adalah bentuk kerikil yang cenderung pipih. Karena agregat kasar yang pipih bila digunakan dalam beton akan sulit dipadatkan dan lebih mudah patah. Sedangkan kerikil Torjun bentuknya cenderung bulat.

Kerikil yang digunakan dalam pengujian ini dicuci sebelum digunakan untuk campuran beton. Hal ini dikarenakan banyaknya debu yang dikandung oleh kerikil dari Madura ini terutama kerikil Paterongan dan Omben. Sehingga dari segi kebersihan, ketiga kerikil tersebut cukup bersih dari kotoran-kotoran di luar agregat kasar.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan hasil analisa data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dilihat dari berat volume, berat jenis dan kadar air dari kerikil Paterongan, Torjun dan Omben maka ketiga kerikil tersebut layak digunakan sebagai agregat kasar pada pembuatan beton, sesuai batasan yang disyaratkan oleh SNI [2], ACI [3], ASTM [4] dan BS [5].
2. Nilai modulus kehalusan ketiga contoh krikil berada di luar dari nilai modulus kehalusan yang disyaratkan oleh SNI [2] walaupun masih dalam batasan yang disyaratkan BS [5] Sehingga disimpulkan bila kerikil ini akan digunakan sebagai agregat kasar beton harus hati-hati dan memerlukan perbaikan gradasinya.
3. Hanya krikil Torjun yang memenuhi persyaratan untuk beton struktur, sedangkan untuk krikil Paterongan dan Omben tidak memenuhi persyaratan yang ada karena tingginya nilai kepipihan (*flakiness*), hal ini akan membuat beton segar sulit dipadatkan. dan bisa terjadi segregasi.

4. Secara kimiawi kerikil Paterongan, Torjun dan Omben tidak reaktif terhadap alkali, memenuhi persyaratan terhadap uji R.A.S. (Reaction Alkali Silica) dan kandungan alkali Magnesium serta Natrium memenuhi syarat.
5. Hasil pengujian kuat tekan kubus yang menghasilkan nilai yang lebih rendah dari target yang diinginkan, terutama beton yang menggunakan kerikil dari Paterongan dan Omben, tapi krikil dari Torjun lebih baik dari keduanya karena nilai kokoh tekan rata-ratanya ( $259.42\text{kg/cm}^2$ ) mendekati Target. Dengan memperhatikan gradasinya (perbaikan) niscaya bisa memenuhi syarat.
7. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1982
8. Teychene, et. al. *Design of Normal Concrete Mixes*. Department of The Environment, Building Reseach Establishment Transport and Road Reseach Laboratory, England, 1975.
9. *Hasil Uji Laboratorium*, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan, Surabaya, 29 Juni 1999.
10. *Hasil Uji Laboratorium*, Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS, Surabaya, 25 Mei 1999.

### SARAN

Saran-saran yang perlu untuk penelitian berikutnya:

1. Penelitian ulang yang lebih teliti terhadap krikil dari Torjun terutama perbaikan gradasi dan susunan butirnya agar dicapai hasil yang maximum (*trial and errors*).
2. Penelitian tentang pengaruh penambahan bahan-bahan kimia pembantu (*admixture*) dan penambahan bahan-bahan aditif pada beton yang menggunakan kerikil Paterongan, Torjun dan Omben.
3. Penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kandungan kapur pada kekuatan beton.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Nugraha, Paul. *Teknologi Beton Dengan Antisipasi Terhadap Pedoman Beton 1989*, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 1989.
2. \_\_\_\_\_, *SK Standar Normalisasi Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1990.
3. \_\_\_\_\_, *Manual of Concrete Inspection/ Testing of Materials*, American Concrete Institute, Detroit Mic., USA – 1980.
4. \_\_\_\_\_, *Annual Book Of ASTM Standards, volume 04.02 Concrete And Aggregates*, ASTM, Philadelphia, 1996.
5. \_\_\_\_\_, *Specification for Aggregates from Natural Sources for Concrete*, BS 882, British Standard Association, England, 1992.
6. \_\_\_\_\_, *Standar Industri Indonesia*, Departemen Perindustrian, Jakarta, 1980.

**LAMPIRAN**

**1. Hasil Analisa Ayakan Ketiga Contoh Krikil**

**Tabel 1.1 Analisa Ayakan dari Krikil Paterongan**

No. Ayakan (mm)	Berat Ayakan (gr)	Berat Ayakan + Agregat (gr)	Berat Agregat (gr)	Berat Agregat (%)	Prosentase Tertahan (%)	Prosentase Lolos (%)
63.000						
37.500	1245	1323.67	78.667	2.50	2.50	100.00
20.000	1258	3336.67	2068.670	65.85	68.35	34.15
14.000	1098	1767.33	669.333	21.31	89.66	12.84
10.000	1072	1223.67	151.667	4.83	94.49	8.01
5.000	1139	1268.33	129.333	4.12	98.61	3.89
2.360	1074	1117.67	43.667	1.39	100.00	2.50
1.180		0.00		0.00		
0.600		0.00		0.00		
0.300		0.00		0.00		
1.150		0.00		0.00		
0.075		0.00		0.00		
0.063		0.00		0.00		
Dasar	628	628.00	0.000	0.00	100.00	0.00
Total		10665.30	3141.330	100.00		

Nilai Fineness Modulus = 7.64

**Tabel 1.2 Analisa Ayakan dari Krikil Torjun**

No. Ayakan (mm)	Berat Ayakan (gr)	Berat Ayakan + Agregat (gr)	Berat Agregat (gr)	Berat Agregat (%)	Prosentase Tertahan (%)	Prosentase Lolos (%)
63.000						
37.500	1245	1388.330	143.333	4.79	4.79	100.00
20.000	1268	2583.330	1315.330	43.98	48.77	56.02
14.000	1098	2345.330	1247.330	41.70	90.47	14.32
10.000	1072	1344.000	272.000	9.09	99.56	5.23
5.000	1139	1152.000	13.000	0.43	100.00	4.79
2.360	1074	1074.000	0.000	0.00	100.00	4.79
1.180		0.000		0.00		
0.600		0.000		0.00		
0.300		0.000		0.00		
1.150		0.000		0.00		
0.075		0.000		0.00		
0.063		0.000		0.00		
Dasar	628	628.667	0.000	0.00	100.00	0.00
Total		9127.330	2991.000	100.00		

Nilai Fineness Modulus = 7.53

**Tabel 1.3 Analisa Ayakan dari Krikil Omben**

No. Ayakan (mm)	Berat Ayakan (gr)	Berat Ayakan + Agregat (gr)	Berat Agregat (gr)	Berat Agregat (%)	Prosentase Tertahan (%)	Prosentase Lolos (%)
63.000						
37.500	1245	1245.000	0.00	0.00	0.00	100.00
20.000	1268	3026.670	1758.67	59.76	59.76	40.24
14.000	1098	2188.330	1090.33	37.05	96.82	3.18
10.000	1072	1165.000	93.00	3.16	99.98	0.02
5.000	1139	1139.000	0.00	0.00	99.98	0.02
2.360	1074	1074.000	0.00	0.00	99.98	0.02
1.180		0.000		0.00		
0.600		0.000		0.00		
0.300		0.000		0.00		
1.150		0.000		0.00		
0.075		0.000		0.00		
0.063		0.000		0.00		
Dasar	628	628.667	0.67	0.02	100.00	0.00
Total		9221.670	2942.67			

Nilai Fineness Modulus = 7.60

**2. Hasil Uji Nilai Flakiness**

**Tabel 2.1 Hasil Uji Nilai Flakiness Kerikil Paterongan**

No. Ayakan	Berat total (A)			Berat tertahan alur (B)			Berat lolos alur (C)			Nilai Flakiness C/A x 100 %			Rata-rata
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1 1/2"													
1"													
3/4"	40.8	63.7	23.4	30.4	50.7	14.8	10.4	13.0	8.6	23.76	21.42	26.21	23.80
1/2"	735.5	695.7	825.2	615.7	596.2	620.0	119.0	99.5	204.8				
3/8"	169.7	194.2	123.8	84.8	100.9	84.2	84.9	93.3	39.6				
1/4"	38.3	25.3	16.7	19.5	20.7	10.5	18.8	4.6	6.2				
No. 4	2.4	3.2	0.0	1.8	3.2	0.0	0.6	0.0	0.0				
Jumlah	986.7	982.1	989.1	752.2	771.7	729.9	234.7	210.4	259.2				

**Tabel 2.2 Hasil Uji Nilai Flakiness Kerikil Torjun**

No. Ayakan	Berat total (A)			Berat tertahan alur (B)			Berat lolos alur (C)			Nilai Flakiness C/A x 100 %			Rata-rata
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1 1/2"													
1"													
3/4"	8.9	20.2	35.3	0.0	20.2	35.3	8.9	0.0	0.0	17.46	13.13	14.20	14.93
1/2"	758.0	699.1	684.2	625.9	587.0	580.6	132.1	11.0	103.6				
3/8"	191.8	254.6	242.1	163.3	238.0	208.4	28.5	15.8	33.7				
1/4"	25.7	22.3	31.1	23.0	19.0	27.1	2.7	3.2	3.9				
No. 4	1.7	0.6	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Jumlah	986.1	996.8	992.7	813.9	865.2	851.4	172.0	130.9	141.0				

**Tabel 2.3 Hasil Uji Nilai Flakiness Kerikil Omben**

No. Ayakan	Berat total (A)			Berat tertahan alur (B)			Berat lolos alur (C)			Nilai flakiness C/A x 100 %			Rata-rata
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1 1/2"													
1"				105.5		88.7			16.8	25.27	26.63	16.45	22.78
3/4"	17.9	153.2	170.1	10.1	93.4	122.5	7.8	59.9	47.1				
1/2"	547.5	564.9	481.9	402.6	375.9	407.2	144.8	188.6	74.6				
3/8"	366.1	246.8	209.9	276.3	233.7	186.2	89.7	12.8	23.7				
1/4"	49.6	23.1	18.8	43.0	21.2	18.8	6.6	1.8	0.0				
No. 4	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Jumlah	985.1	988.0	986.2	736.0	724.2	823.4	248.9	263.1	162.2				

**3. Hasil Uji Abrasi dengan Mesin Los Angeles**

**Tabel 3. Data Pengujian Abrasi dengan Mesin Los Angeles dari ke 3 Macam Krikil Percobaan**

Saringan		Paterongan	Torjun	Omben
Lolos	Tertahan	Contoh Gradasi	Contoh Gradasi	Contoh Gradasi
76.20	63.50	--	--	--
63.50	50.80	--	--	--
50.80	38.10	--	--	--
38.10	25.40	5000.0	--	--
25.40	19.05	5000.0	--	--
19.05	12.70	--	2500.0	2500.0
12.70	9.51	--	2500.0	2500.0
9.51	6.35	--	--	--
6.35	4.75	--	--	--
4.75	2.36	--	--	--
Berat yg tertahan Sar.no.12		7394.6	3784.1	3419.5
Keausan dari contoh krikil		26.05 %	24.32 %	31.61 %

#### 4. Hasil Uji Ketahanan Terhadap Beban Kejut

Tabel 4.1 Hasil Uji Ketahanan Contoh Krikil Terhadap Beban Kejut (*impact*)

No.	Berat total (A)	Berat lolos Ayakan no 8 (B)	Berat tertahan Ayakan no 8 (C)	Nilai Impact agregat B/A x 100 %	Rata - rata Nilai Impact (%)	Keterangan
1	357.7	43.2	314.1	12.1		Krk. dari Paterongan
2	341.1	48.1	292.3	14.1	14.47	Krk. dari Paterongan
3	297.7	51.2	245.8	17.2		Krk. dari Paterongan
4	346.0	35.6	306.4	10.3		Krk. dr. Torjun
5	339.5	39.3	299.0	11.6	12.40	Krk. dr. Torjun
6	313.4	48.1	263.8	15.3		Krk. dr. Torjun
7	334.9	49.4	285.1	14.8		Krk. dr. Omben
8	318.7	55.9	260.6	17.6	16.70	Krk. dr. Omben
9	318.3	56.6	259.8	17.8		Krk. dr. Omben

#### 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Tabel 5.1 Hasil Kekuatan Sampel Beton dengan Menggunakan Kerikil Paterongan

NO.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan Hancur (KN)	Mutu Beton 28 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	28	8.0	364.1	158.59
2	28	8.0	378.9	165.03
3	28	8.0	290.9	126.70
4	28	8.0	378.9	165.03
5	28	8.0	367.5	160.07
6	28	8.0	406.4	177.01
7	28	8.0	343.9	149.79
8	28	8.0	351.6	153.14
9	28	8.2	395.1	172.09
10	28	8.0	387.7	168.86
11	28	8.0	410.2	178.66
12	28	8.0	308.3	134.28
13	28	8.1	361.8	157.58
14	28	8.1	318.5	138.72
15	28	7.9	348.9	151.97
16	28	7.9	358.6	156.19
17	28	8.0	318.6	138.77
18	28	8.0	331.1	144.21
19	28	7.9	283.1	123.31
20	28	8.2	366.2	159.50
21	28	7.8	342.8	149.31
22	28	8.0	302.9	131.93
23	28	8.0	317.3	138.20
24	28	8.2	328.2	142.95
25	28	8.0	298.7	130.10

Tabel 5.2 Hasil Uji Kekuatan Sampel Beton dengan Menggunakan Kerikil Torjun

NO.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan Hancur (KN)	Mutu Beton 28 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	28	8.2	690.2	300.62
2	28	8.0	636.6	277.27
3	28	7.9	563.1	245.26
4	28	7.8	740.7	322.62
5	28	8.0	562.2	244.87
6	28	8.0	625.3	272.35
7	28	8.1	639.4	278.49
8	28	8.0	651.6	283.81
9	28	7.9	634.7	276.45
10	28	8.0	614.8	267.78
11	28	8.0	541.3	235.77
12	28	8.2	529.5	230.63
13	28	8.0	570.8	248.62
14	28	8.0	627.6	273.35
15	28	8.1	569.3	247.96
16	28	7.9	540.0	235.20
17	28	8.1	566.0	246.52
18	28	8.0	584.1	254.41
19	28	8.0	552.4	240.60
20	28	8.0	510.7	222.44
21	28	8.2	580.9	253.01
22	28	8.0	614.5	267.65
23	28	8.0	574.3	250.14
24	28	7.9	535.4	233.20
25	28	8.0	652.4	284.18

Tabel 5.3 Hasil Uji Kekuatan Sampel Beton dengan Menggunakan Kerikil Omben

NO.	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan Hancur (KN)	Mutu Beton 28 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	28	8.1	433.9	188.99
2	28	8.1	424.4	184.85
3	28	8.1	420.9	183.33
4	28	8.0	432.9	188.55
5	28	8.0	414.7	180.62
6	28	8.0	423.5	184.46
7	28	8.0	407.7	177.58
8	28	8.0	420.0	182.93
9	28	7.9	399.2	173.87
10	28	8.0	455.5	198.40
11	28	8.0	448.4	195.30
12	28	7.9	390.6	170.13
13	28	8.1	411.5	179.23
14	28	8.1	388.7	169.30
15	28	8.1	426.5	185.76
16	28	8.1	431.4	187.90
17	28	8.0	408.7	178.01
18	28	8.1	389.5	169.95
19	28	8.1	465.2	202.62
20	28	8.0	387.9	168.95
21	28	8.1	453.6	197.57
22	28	8.0	426.5	185.76
23	28	8.1	389.5	169.65
24	28	8.0	428.7	186.72
25	28	8.1	432.4	188.33